

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ **Patentschrift**  
⑯ **DE 3220218 C3**

⑯ Int. Cl. 5:  
**A61N 5/06**

**DE 3220218 C3**

⑯ Aktenzeichen: P 32 20 218.0-33  
⑯ Anmeld tag: 28. 5. 82  
⑯ Offenlegungstag: 17. 3. 83  
⑯ Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 14. 5. 87  
⑯ Veröffentlichungstag des geänderten Patents: 31. 5. 90

**Patentschrift nach Einspruchsverfahren geändert**

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯  
02.09.81 HU 2538-81 23.02.82 HU 2538-81  
⑯ Patentinhaber:  
Harrier Inc., Salt Lake City, Utah, US  
⑯ Vertreter:  
Viering, H., Dipl.-Ing.; Jentschura, R., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 8000 München

⑯ Erfinder:  
Fenyő, Márta; Kertész, Iván; Rózsa, Károly; Szegő,  
Péter, Budapest, HU  
⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:  
DE-OS 27 17 233  
DE-Z.: Arch. Dermatol. Res. 263, S. 241-245 (1978);  
US-Z.: Optics an Laser Technology, Feb. 1982,  
S. 31-32;  
DE-Z.: Z. Exper. Chirurgie 7, (1974), S. 9-14;  
US-Z.: Arch. Surg. Vol. 116, März 1981, S. 294;  
DE-Z.: Dt. Derm. 26, H. 11 (1978), S. 560, 563;  
DE-Z.: Der Hautarzt, 1981, S. 453;  
DE-Buch: Meyers Physik-Lexikon, 1972, S. 653;  
DE-Buch: Bergmann-Schäfer, Lehrbuch der  
Experimentalphysik, Bd. III, S. 244;  
DE-Z.: Verhandlungen der Dt. Derm. Ges. XXXII.  
Tagung, 1981, S. 430;

⑯ Bestrahlungsleuchte und Verfahren für die Stimulierung biologischer Prozesse, die bei der Zellaktivität auftreten

**DE 3220218 C3**

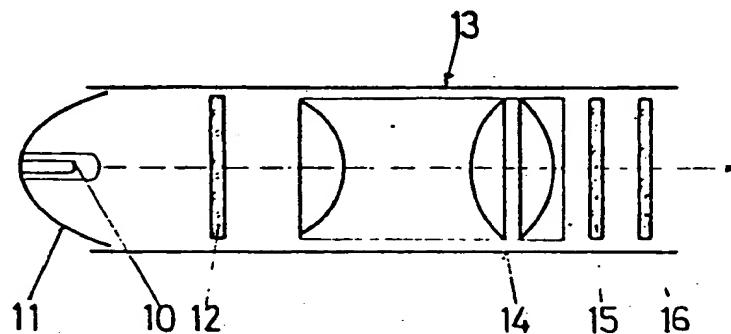


Fig. 1.

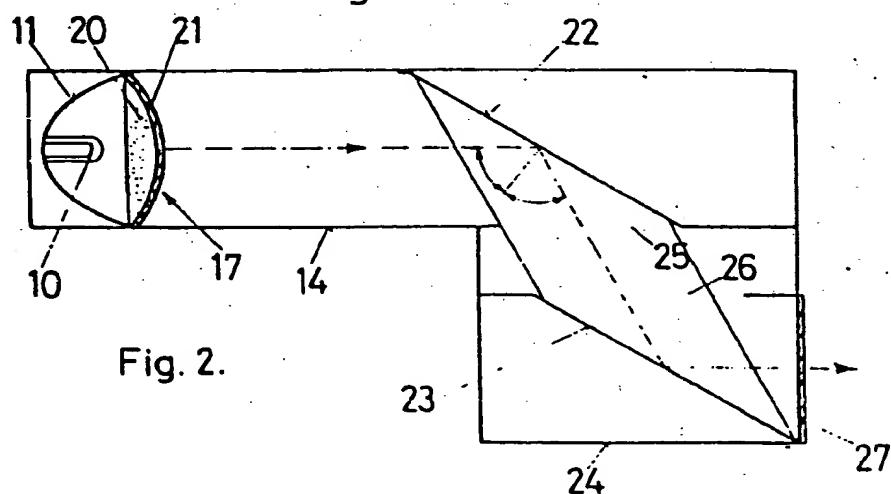


Fig. 2.

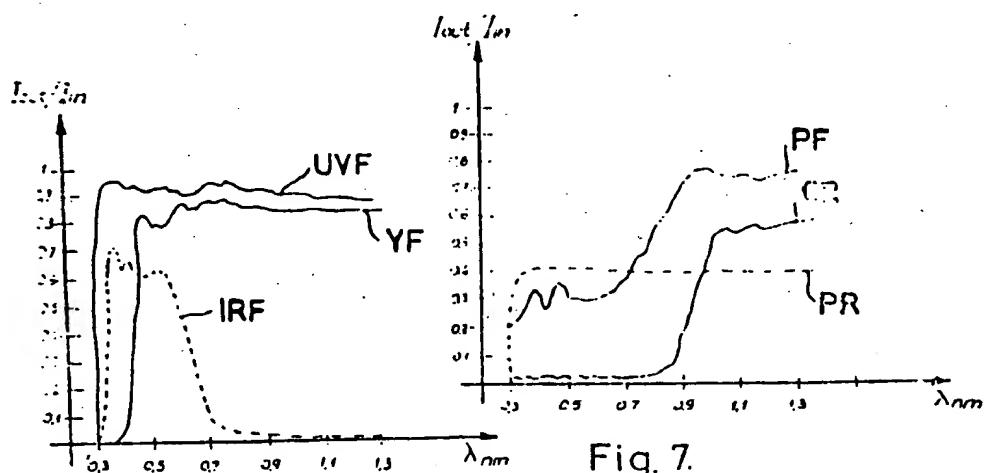


Fig. 6.

# DE 32 20 218 C3

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Bestrahlungsleuchte und ein Verfahren für die Stimulierung von biologischen Prozessen gemäß dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 10.

5 Eine derartige Vorrichtung ist aus der DE-OS 27 17 233 bekannt. Hier erfolgt die Bestrahlung mittels einer quasimonochromatischen Lichtquelle, welche unpolarisiertes inkohärentes Licht auf die zu behandelnde Körperoberfläche abgibt. Die quasimonochromatischen Eigenschaften sind durch Einsetzung spezieller Filterelemente gewährleistet.

10 Allerdings können die erzielten Stimulierungsergebnisse nicht voll befriedigen, wie dies beispielsweise bei kohärentem Laserlicht der Fall ist. Die Bestrahlung einer lebenden Oberfläche mit Laserlicht hat nämlich einen relativ wirksamen biostimulierenden Effekt. Die Versuche in diesem Gebiet sind seit 1967 unter der Führung von Prof. Endre Mester durchgeführt worden und die anfänglich bescheidenen Annahmen haben sich seit dieser Zeit weitgehend bestätigt. Der Heileffekt der Behandlung mit Laserlicht hat bereits eine sehr große Literatur. Eine Zusammenfassung der Versuche ist neben anderen Veröffentlichungen, z. B. in der Arbeit von Prof. Endre Mester: "Laser Application in Promoting of Wound-Healing" enthalten, die in der Ausgabe von 1980 von "Laser in Medicine" veröffentlicht ist (herausgegeben von H. K. Koebner, Wiley-Interscience Publ. 1980). Auch eine andere Arbeit von Prof. Endre Mester: "Der Lase." kann als eine Zusammenfassung seiner Versuche aufgefaßt werden (herausgegeben von K. Dinstl und P. L. Fischer, Springer-Verlag, 1981). Es soll festgehalten werden, daß im Gegensatz zum Laserlicht keine anderen Behandlungen, die mit natürlichem oder künstlichem Licht durchgeführt worden sind, bisher irgendeinen biostimulierenden Effekt gezeigt haben.

15 Der Heileffekt des Laserlichtes wird hauptsächlich im Heilen von hartnäckigen Wunden und Ulcera augenscheinlich. Es ist allgemein bekannt, daß derartige langwierige Ulcera sich ziemlich häufig bei älteren Personen entwickeln, die unter cardiovaskulären Schwierigkeiten leiden. Hartnäckige Wundstellen entwickeln sich auch als Folge eines längeren Dekubitus.

20 25 Im Verlaufe der Behandlung mit Laserlicht wird dieses mittels eines Prismas, eines Spiegels oder einer Faseroptik auf die Wunde gerichtet und die gesamte Oberfläche der Wunde wird von dem entsprechend abgelenkten Strahl überstrichen. Die spezifische Intensität des Strahles liegt zwischen 20 und 150 mW/cm<sup>2</sup> und die maximale Energiedichte wird auf etwa 4 J/cm<sup>2</sup> eingestellt. Die Behandlung ist üblicherweise periodisch, sie wird im allgemeinen zweimal wöchentlich durchgeführt und die durchschnittliche Zeit der Heilung wird mit etwa 10 bis 12 Wochen angenommen.

30 35 Es gibt eine große Anzahl von sich gegenseitig widersprechenden Theorien, die versuchen, den biostimulierenden Effekt des Laserlichtes zu erklären; keine von ihnen konnte jedoch eine wissenschaftlich annehmbare Erklärung liefern.

Auf der Basis der veröffentlichten Ergebnisse hätte Laserlicht ein weites Anwendungsfeld, praktische Erfahrungen zeigen jedoch, daß es nicht in einem derartigen Ausmaß zur allgemeinen Anwendung kommt, das ihm aufgrund seiner Wirksamkeit zukommt.

40 Es gibt verschiedene Gründe, die die Übernahme dieser Behandlung im großen Ausmaß verzögern; einer dieser Gründe könnte darin liegen, daß der Aufbau der kontinuierlich betriebenen Laser, die die gewünschte Leistung abgeben und den gewünschten Strahlendurchmesser aufweisen, ziemlich kompliziert ist, und neben der künstlichen technischen Umgebung benötigen sie auch spezielle Fachkenntnisse während der Herstellung.

45 Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Bestrahlungsleuchte gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 10 anzugeben, die einen verbesserten biostimulierenden Effekt hervorrufen können, der jenem vom Laserlicht wenigstens äquivalent ist, ohne die mit der Erzeugung von Laserlicht verbundenen technischen Schwierigkeiten.

50 55 Der Lösung dieser Aufgabe dienen die Merkmale der kennzeichnenden Teile der Ansprüche 1 bzw. 10. Zur Lösung dieser Aufgabe ist als Ausgangspunkt überlegt worden, daß im physiologischen Zustand die Lipiddoppelschicht der Zellmembran in einer Phase ist, die jener von flüssigen Kristallen ähnlich ist. Von der Wechselwirkung zwischen polarisiertem Licht und Flüssigkristallen ist es bekannt, daß oberhalb einer gewissen Intensitätsschwelle polarisiertes Licht eine Zustandsänderung in Flüssigkristallen einleiten kann. Es ist angenommen worden, daß polarisiertes Licht mit gewissen Eigenschaften die polaren Enden der Lipiddoppelschicht der Zellmembran umordnen kann oder einen derartigen Umordnungsprozeß einleiten kann. Es ist auch erwartet worden, daß eine derartige innere Neuordnung eine bemerkenswerte Änderung der Zellprozesse mit sich bringt, die mit der Zellmembran zusammenhängen oder durch diese hindurchwirken.

60 65 Das Wesen der Erfindung ist die Erkenntnis, daß der biostimulierende Effekt in erster Linie der Verwendung von polarisiertem Licht und nicht so sehr der des Laserlichts zuzuschreiben ist, wobei letzteres einen derartigen Effekt nur hat, da es in aller Regel eine Form von polarisiertem Licht ist. Infolgedessen kann normales inkohärentes Licht ebenfalls einen biostimulierenden Effekt auslösen, vorausgesetzt, daß es linear polarisiert ist.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird die spezifische Ausstrahlung des bestrahlenden Lichtes auf einen Wert zwischen 20 und 150 mW/cm<sup>2</sup> eingestellt.

70 75 Der Polarisator kann ein Polarisationsfilter, ein Spiegelpolarisator oder ein Nicolsches Prisma sein. Der Spiegelpolarisator kann hierbei aus mehreren transparenten, planparallelen Platten hergestellt sein, wodurch die Wirksamkeit der Polarisatoren vergrößert wird. Die Vorrichtung gemäß der Erfindung ist vorzugsweise in einem rohrförmigen Gehäuse angeordnet, deren Länge ausreicht, divergierende direkte Lichtstrahlen mit Streuwinkeln über 15° zu unterdrücken.

80 85 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Bestrahlungsleuchte nach Anspruch 1 sind in den Ansprüchen 3 bis 9 angegeben.

85 Eine besondere Ausführungsart des Verfahrens für die Stimulierung biologischer Prozesse nach Anspruch 10 besteht darin, daß, wenn die Querschnittsfläche des bestrahlenden Lichtbündels geringer ist als der Bereich der

# DE 32 20 218 C3

zu bestrahrenden pathologischen Körperfläche, die Bestrahlung durch ein relatives Verschieben des Lichtstrahles und des zu behandelnden Bereiches durchgeführt wird, und zwar derart, daß die Umfangszone des unter Behandlung stehenden Bereiches zuerst bestrahlt wird und dann entlang kreisförmiger konzentrischer Wege eine Annäherung an die Mittelzone erfolgt.

Der stimulierende Effekt der Behandlung mit polarisiertem Licht auf die Heilung von Wunden, wie dies bei der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen wird, kann wirksam bewiesen werden, wenn man die Erfahrungen beschreibt, die man während einer derartigen Behandlung von chronischen Wunden macht, die jahrelang bestanden haben.

Infolge der Behandlung begannen die chronischen Wunden zu heilen, wobei sie zuerst gereinigt wurden, dann ihre Sekretion verringerten und schließlich vollständig verschwanden. An den Basen der Wunden erschienen die Enden von Blutgefäßen und dann begann an den Rändern eine Epithelisierung. Der Heilungsprozeß war kontinuierlich, die Basen der Wunden wurden aufgefüllt und sie heilten dann in einigen Fällen nach einer Verkrustung.

Auf der Basis von zytologischen Untersuchungen von Abstrichen, die man von der Wundsekretion vor und nach jeder Behandlung gemacht hat, können die Bestrahlungseffekte mit polarisiertem Licht, wie folgt, zusammengefaßt werden.

Die Bestrahlung vergrößerte den Anteil von gesunden Leukozyten, die zur Phagozytose fähig sind, gegenüber den nekrotischen.

Nicht nur die Zahl der phagozytischen Leukozyten, sondern auch die Intensität der Phagozytose vergrößerten sich beträchtlich. Diese Steigerung in der Intensität ergab sich sowohl aus der sehr stark vergrößerten Zahl von Bakterien, die durch die jeweiligen Leukozyten abgebaut wurden, als auch aus dem höheren Prozentsatz von gesunden und phagozytischen Leukozyten in der Gesamtzahl der Leukozyten.

Nach einer geringen Anzahl von Behandlungen traten in den Abstrichen die Zellen, die am immunologischen Schutz teilnehmen, nämlich die eosinophilen Zellen, Lymphozyten und Monozyten, auf.

Sowohl die Menge als auch die Güte der Granula im Zytoplasma der Zellen änderte sich unter der Wirkung der Behandlung beträchtlich, was durch das Auftreten von klar sichtbaren Granula demonstriert wird.

Die Menge der Fibrinfasern, die im Abstrich ursprünglich nicht oder kaum wahrnehmbar vorhanden waren, vervielfachte sich unter der Wirkung der Behandlung, und die ursprünglich dünnen Fibrine mit einer Tendenz zur Desintegration, nahmen sowohl in Länge als auch Dicke zu und ordneten sich oft in Bündeln an.

Aufgrund der Behandlung änderte sich die Zusammensetzung der Immunoproteine in der Sekretion, was auch den Beginn und die Aktivierung des humoralen Schutzes beweisen könnte. Die Bestrahlung mit polarisiertem Licht erleichterte das quantitative Wachstum der Immunoproteine selbstverständlich in verschiedenem Ausmaß im Falle von verschiedenen Fraktionen. Das höchste mittlere Wachstum wurde beim Immunoglobulin M festgestellt, und zwar etwa +85% verglichen mit dem Mittelwert vor der Behandlung, wohingegen der geringste Anstieg von etwa +21% bei der Immunoglobulin-A-Fraktion auftrat.

Die hierin beschriebenen biologischen Effekte haben eine enge Beziehung mit dem Phasenübergang, der mit der Änderung der Struktur der Lipiddoppelschicht der Zellmembran verbunden ist, d. h. mit dem Effekt von polarisiertem Licht, der auf die Lipiddoppelschicht ausgeübt wird. Dies kann durch die Annahme erklärt werden, daß die Antigenstrukturen in der Nähe der Immunzellen unter der Wirkung des polarisierten Lichtes eine Immunwirkung hervorrufen können, indem eine nichtspezifische Wirkung in den Immunzellen eingeleitet wird, oder die Sensitivität der Immunzellen vergrößert wird, was unter anderem zur Heilung der Wunden beitragen kann. Wenn polarisiertes Licht die Membranstruktur der Lymphozyten ändert, dann verstärkt dies die Aktivität der Rezeptoren der Lymphozyten einerseits und andererseits kann die Änderung der Membranstruktur direkt das zyklische Adenosinmonophosphat aktivieren, das den energieerzeugenden Prozeß der Zellen einleiten kann. Diese beiden Effekte können eine lokale immunologische Wirkung hervorrufen.

Im Verlaufe der eingeleiteten Immunwirkung werden Lymphokine freigesetzt, die fähig sind, eine immunologische Kettenreaktion zu beginnen. Diese Kettenreaktion umfaßt die Bildung des Faktors MIF (Migration Inhibiting Factor), der die Wanderung der Makrophagen verhindert, des Faktors MCF (Monocyte Chemotactic Factor), des Faktors NCF (Neutrophile Chemotactic Factor) und des Faktors ECF (Eosinophile Chemotactic Factor), und diese Faktoren zusammen ziehen die Monozyten, neutrophilen Granulozyten und eosinophile Zellen zu dem betroffenen Bereich.

Infolgedessen werden die erwähnten Zellen zu diesem besonderen Bereich wandern.

Aufgrund der Änderungen in der Membranstruktur wird die Menge des Faktors SRF (Skin Reaction Factor), der die Permeabilität der Blutgefäße vergrößert, steigen, so daß dies die Zirkulation und auf diese Weise den Transport der Schutzzellen im Blutstrom zum Wundbereich erleichtert. Die beschriebenen Vorgänge erleichtern die zelluläre Immunwirkung (mit T-Lymphozyten, Killerzellen) und die humorale Immunwirkung mit Hilfe der T-Hilfszellen.

Der Transport durch die Zellmembran wird auch dadurch erleichtert, daß die anfänglich irreguläre Konfiguration der Teilchen im Interstitium unter dem Effekt des durch das polarisierte Licht eingebrachten elektrischen Feldes eine regelmäßige Ausbildung annimmt. Der Vorgang der Neuordnung unter der Wirkung eines elektrischen Feldes ist z. B. in der Arbeit von H. P. Schwan und L. D. Sher "Alternating Current Field-Induced Forces and their Biological Implications" beschrieben (j. Electrochem. Society, Januar 1969, Seiten 22C - 26C).

Auf der Basis der oben beschriebenen Effekte kann festgestellt werden, daß die Verwendung von polarisiertem Licht gemäß der vorliegenden Erfindung ganz allgemein einen stimulierenden Effekt bei biologischen Prozessen, die mit Zellaktivität verbunden sind, hervorruft, indem das Verhalten der Zellmembran gesteuert wird.

Die Erfindung wird nun anhand beispielhafter Ausführungsformen in der Zeichnung beschrieben.

Fig. 1 zeigt einen vereinfachten, schematischen Schnitt einer ersten Ausführungsform der Bestrahlungsleuchte

im Aufriß.

Fig. 2 zeigt einen schematischen Schnitt einer zweiten Ausführungsform im Aufriß.

Fig. 3 ist der Fig. 2 ähnlich, wobei jedoch die Lichtstrahlen in ihrer Richtung umgekehrt werden.

Fig. 4 ist eine ähnliche Ansicht einer weiteren Ausführungsform, bei der ein Nicolsches Prisma als Polarisator verwendet wird.

Fig. 5 zeigt eine detaillierte Gesamtschnittansicht der Vorrichtung gemäß Fig. 1.

Fig. 6 zeigt typische Durchlässigkeitseigenschaften von Ultraviolet- und Infrarotfiltern.

Fig. 7 zeigt die Durchlässigkeitseigenschaften verschiedener Typen von Polarisationsfiltern.

Fig. 8a bis 16b zeigen verschiedene Mikrofotografien von Abstrichen, die von Wundsekretionen gemacht wurden; sie zeigen den zytologischen Zustand vor bzw. nach der Behandlung.

Fig. 17a und b zeigen Vorlagen, die zum Messen der Immunoproteinanteile in Proben verwendet werden, die vor bzw. nach der Behandlung genommen worden sind.

Fig. 18 bis 20 zeigen verschiedene Diagramme für die vertikalen und horizontalen Abmessungen von Wunden während des Heilprozesses.

Obwohl es eine Vielzahl bekannter Wege gibt, polarisiertes Licht zu erzeugen, werden in der folgenden Beschreibung die spezifischen Bedingungen zusammengefaßt und durch beispielhafte Ausführungsformen dargelegt, die man beachten sollte, wenn Quellen für polarisiertes Licht zum Stimulieren der Heilung von Wunden verwendet werden.

Fig. 1 zeigt die schematische Anordnung der ersten Ausführungsform einer Vorrichtung zum Erzeugen von polarisiertem Licht, das gut für die Heilbehandlung von Wunden verwendet werden kann. Die durch die Lampe 10 gegebene Lichtquelle ist mit der Reflexionsfläche 11 einstückig ausgebildet. Letztere richtet das nach hinten gestreute Licht axial nach vorne aus. Wenn die Lampe 10 durch eine Punktquelle oder durch eine nahezu punktförmige Quelle gegeben ist und die Reflektorfläche 11 die Form eines Rotationsparaboloides hat, so wird der Großteil der Lichtstrahlen parallel zur optischen Achse geführt. In diesem Falle sollte die Lampe 10 in den Brennpunkt der Reflektorfläche 11 gesetzt werden.

Das nächste Element in axialer Richtung hinter der Lampe 10 ist ein Infrarotfilter 12 zur Unterdrückung der Infrarotkomponenten, die von der Lampe 10 abgegeben werden. Das Ausfiltern oder Unterdrücken der nach vorne reflektierten Infrarotkomponenten ist wirksamer, wenn die Reflektorfläche 11 als kalter Spiegel ausgebildet ist, der die sichtbaren Anteile vollständig reflektiert, wohingegen der Reflexionsfaktor im Infrarotbereich etwa 20% beträgt, wodurch etwa 80% der nach hinten gerichteten Infrarotstrahlen dort durchtreten können. Der Infrarotfilter 12 kann aus bekannten Typen bestehen, die üblicherweise in der Fotografie verwendet werden.

Die Durchlässigkeit in Abhängigkeit von der Wellenlänge eines üblichen Filters ist in Fig. 6, Kurve *IRF*, dargestellt. Die Verwendung des Infrarotfilters 12 wird als wesentlich betrachtet, da ohne Unterdrückung der Infrarotkomponenten die Wärmebelastung auf der behandelten Fläche unerwünschte Effekte hervorrufen könnte. Die Dichte des Strahlungsflusses der hauptsächlich aus sichtbarem Licht bestehenden Strahlung auf die in Behandlung stehende Körperfläche sollte im Bereich von etwa 20 bis 150 mW/cm<sup>2</sup> liegen.

Die Aufgabe der Bestrahlungsanordnung 13 liegt darin, das Licht der Lampe 10 parallel zur optischen Achse auszurichten und eine möglichst gleichmäßige räumliche Verteilung zu erreichen. Die Anordnung 13 kann aus üblichen optischen Linsen aufgebaut sein, jedoch kann auch die Lampe 10 mit der Reflektorfläche 11 als ein Teil der Anordnung 13 aufgefaßt werden, wenn sie zusammen die gewünschten axialen Lichtstrahlen erzeugen können. Die Anordnung besitzt ein rohrförmiges Gehäuse 14 und durch Vergrößerung der Länge können die nicht zur optischen Achse parallelen Strahlen unterdrückt werden. Infolgedessen ist es nicht wesentlich, daß die Anordnung 13 aus Linsen aufgebaut ist. Der geringe Wert der Lichtintensität und die relativ beträchtliche Lichtreflexion ist ein Nachteil jener Ausführungsformen, die Linsen verwenden und aufgrund der höheren Absorption müssen stärkere Lampen gewählt werden, um die vorbestimmte Lichteistung zu erreichen. Andererseits sollte jedoch die Stärke der Lampe so gering wie möglich sein, um die Probleme der Kühlung zu verringern.

Es ist in der Fachwelt allgemein bekannt, daß der menschliche Körper für ultraviolettes Licht empfindlich ist. Die Empfindlichkeit ist im Falle von kranken Geweben und Wundflächen sogar noch stärker und das emittierte Licht sollte daher keine ultravioletten Komponenten enthalten. Die ultravioletten Strahlen werden durch den Filter 15 unwirksam gemacht. Obwohl der ultraviolette Bereich des Spektrums durch Glaslinsen ausgefiltert wird, ist die Verwendung von getrennten, ultravioletten Filtern 15 in Kombination mit Glaslinsen ratsam. Eine gründliche Absorption des ultravioletten Bereiches des Spektrums ist insbesondere bei Ausführungsformen wichtig, die ohne Linsen arbeiten.

In Fig. 6 zeigt die Kurve *UVF* die Durchlässigkeitseigenschaften eines Ultravioletfilters, das üblicherweise in der Fotografie verwendet wird. Die Absorption des ultravioletten Lichtes ist wirksamer, wenn das UltraviolettfILTER 15 ein Gelbfilter ist, das ebenfalls üblicherweise in der Fotografie verwendet wird. Daraus ergibt sich eine Abnahme des sichtbaren Lichtes hauptsächlich im Bereich kürzerer Wellenlängen. Die Kurve *YF* in Fig. 6 zeigt die Durchlässigkeitseigenschaft eines typischen Gelbfilters.

Linear polarisiertes Licht wird mit Hilfe des Polarisationsfilters 16 (Fig. 1) erzeugt, das im Strahlengang der Lichtstrahlen liegt. Das Polarisationsfilter 16 kann ein Polarisationsplattenfilter sein, das üblicherweise in der Fotografie verwendet wird. Die Kurve *PF* in Fig. 7 zeigt die Durchlässigkeit eines doppeltartigen Polarisationsfilters. Die Abhängigkeit der Polarisierung von der Wellenlänge kann aufgrund der Übergangseigenschaften bestimmt werden. Um eine derartige Eigenschaft zu bestimmen, werden zwei Polarisationsfilter entgegengesetzter Polarisation in hintereinander angeordnet und aufgrund dieser Anordnung löschen sich die entgegengesetzten polarisierten Lichtstrahlen aus. Eine derartige Übergangseigenschaft ist in der Kurve *CR* der Fig. 7 gezeigt. Es kann festgestellt werden, daß im Infrarotbereich bei einer Wellenlänge über 800 nm die Auslöschung aufhört, woraus

sich ergibt, daß derartige Filter den infraroten Teil des Spektrums nicht polarisieren.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 2 erzeugen die Lampe 10, die Reflektorfläche 11 und die Linse 17 zur optischen Achse parallele Lichtstrahlen.

Die Linse 17 besteht aus zwei Teilen, nämlich dem Linsenkörper 20 und dem Überzug 21. Der Linsenkörper 20 kann aus einem Glasmaterial mit Infrarotabsorption hergestellt sein, wobei dann der Überzug 21 ein Ultraviolettfilter sein sollte. Die Aufgabe des Linsenkörpers 20 und des Überzuges 21 können jedoch auch ausgetauscht werden, wobei dann der erstere eine UV-Absorption bewirkt und der Überzug aus einem infrarotabsorbierenden Material besteht.

Die in axialer Richtung im rohrförmigen Gehäuse 14 fortschreitenden Lichtstrahlen werden mit Hilfe von Spiegeln, wie dies in Fig. 2 dargestellt ist, in polarisiertes Licht umgewandelt. Der Spiegelpolarisator 22 ist entfernt von der Lampe 10 im Gehäuse 14 mit einer geneigten Ebene angeordnet, wobei der Auftreffwinkel der axialen Strahlen auf diese Ebene  $55^\circ$  beträgt. Das Licht wird vom Spiegelpolarisator 22 schräg in Richtung der strichpunkteten Linie in der Zeichnung reflektiert, und trifft dann auf einen anderen Spiegel 23, der zum Spiegelpolarisator 22 parallel liegt. Der Spiegel 23 ist in einem Gehäuse 24 vorgeschen, das mit dem Gehäuse 14 fest verbunden ist. Die reflektierten Lichtstrahlen treten durch Öffnungen 25, 26 in den benachbarten Seitenwänden des Gehäuses 14 und des Gehäuses 24 hindurch. Der Spiegel 23 reflektiert die Lichtstrahlen in axialer Richtung. Das Gehäuse 24 wird von einer Glasplatte 27 geschlossen, wodurch sowohl ein Schutz der inneren Teile gegen Staub als auch eine Ultraviolettfilterung bewirkt wird. Es ist aus der Physik bekannt, daß Spiegel, die unter einem geeigneten Winkel relativ zum auftreffenden Licht angeordnet sind, polarisiertes Licht nicht nur im sichtbaren, sondern auch im Infrarotbereich erzeugen können.

Bei der Anordnung nach Fig. 3 ist die Lampe 10 mit einer sphärischen Reflektorfläche 11 vereinigt, vor der sich ein Kondensor 28 befindet. Die Reflektorfläche 11 wird von einem kalten Spiegel gebildet, so daß ein Teil der Infrarotstrahlen entgegen der Richtung der sichtbaren Strahlen in den Raum hinter der Lampe 10 gestrahlt wird. In diesem Raum ist ein Ventilator 29 vorgesehen, der eine Kühlung sowohl für die Lampe 10 als auch für das Gehäuse 14 bewirkt. Die Kühlluftströme treten durch die Entlüftungsöffnungen 30 aus.

Die Ausführungsform gemäß Fig. 3 unterscheidet sich von jener der Fig. 2 auch in der Anordnung der Lichtquelle in der rechten Seite des Gehäuses 14 und in den entgegengesetzten Richtungen der emittierten und austretenden Lichtstrahlen aus dem Gerät. Bei dieser Ausführungsform besteht der Polarisator aus einer Vielzahl planparalleler Platten aus gewöhnlichem durchsichtigem Glas, die zueinander parallel sind und gegenüber der Richtung des auftreffenden Lichtes geneigt sind. Der Auftreffwinkel des Lichtes ist gleich dem bekannten Brewster-Winkel, der  $57^\circ$  beträgt. Das von den Schichten reflektierte Licht besteht aus in einer Ebene polarisierten Komponenten. Die Zahl der reflektierenden Flächen der planparallelen Schichten 31 ist doppelt so groß wie die Zahl der Platten. Etwa 35% des auftreffenden Lichtes wird reflektiert, wenn der Plattenaufbau aus vier Platten besteht. Unmittelbar unterhalb des Gehäuses 14 ist ein zweites Gehäuse 32 mit kleineren Abmessungen fest angeordnet. Die gemeinsame Wand des Gehäuses 14 und des Gehäuses 32 begrenzt eine Öffnung 33, deren Größe den Durchtritt aller Lichtstrahlen gestattet, die von den Polarisatorplatten reflektiert worden sind.

In den Strahlengang der reflektierten Lichtstrahlen, die durch die Öffnung 33 hindurchgetreten sind, ist ein geneigter Spiegel 34 eingebracht, und zwar so, daß der Auftreffwinkel der reflektierten Lichtstrahlen ebenfalls  $57^\circ$  beträgt. Der Spiegel 34 reflektiert die auftreffenden Lichtstrahlen parallel jedoch in entgegengesetzter Richtung zu jenen, die von der Lampe 10 emittiert worden sind.

Die auf diese Weise reflektierten Lichtstrahlen 35 treten durch das Gehäuse 32 hindurch und verlassen es am rechten Ende. Dieses Ende des Gehäuses ist durch eine Platte 36 verschlossen, die ein Ultraviolettfilter bildet. Die Durchlässigkeitseigenschaften eines Polarisators dieses Typs ist in der Kurve PR der Fig. 7 dargestellt. Man kann erkennen, daß derartige Polarisatoren polarisiertes Licht auch im Infrarotbereich hervorrufen, so daß die Notwendigkeit eines Infrarotfilters entfällt. Aufgrund des weiteren Spektralbereiches, der polarisiert wird, kann die benötigte Intensität des polarisierten Lichtes gegenüber den Anordnungen mit einem Infrarotfilter bei einer wesentlich geringeren Lampenleistung erreicht werden. Die verringerte Leistung erzeugt weniger Wärme, wodurch die Anwendung einer Zwangskühlung unnötig wird.

Bei der Anordnung gemäß Fig. 3 ist der Weg des Lichtes nahezu doppelt so lang wie die gesamte konstruktive Länge des Gerätes, und zwar aufgrund der Rückführung des Lichtstrahles. Die vergrößerte Länge verringert die Streuung der austretenden Lichtstrahlen 35, da die streuenden Lichtstrahlen im rohrförmigen Gehäuse zurückgehalten werden. Es ist ratsam, die innere Fläche des Gehäuses mit einem lichtabsorbierenden schwarzen Überzug zu versehen. Ein anderer Vorteil liegt darin, daß der Querschnittsbereich des Gehäuses 14 mit der Lampe 10 größer ist als jener des Gehäuses 32, so daß daher eine größere Lampe für einen gegebenen Querschnitt des Strahlenaustrittes verwendet werden kann, was im Hinblick auf die Wärmebehandlung vorteilhaft ist. Der Ventilator 29 ist nicht wesentlich. Er ist jedoch empfehlenswert, insbesondere im Falle höherer Leistungen.

Während der Behandlung ist es oft notwendig, die Richtung der Lichtstrahlen zu ändern. Dies wird durch einen Träger 37 erreicht, der mit dem Gehäuse 14 oder 32 verbunden ist und der an einer in der Figur nicht dargestellte Konsole geklemmt werden kann. Die Konsole besitzt bekannte Befestigungs- und Steuermechanismen, um so die benötigten Lageeinstellungen der Lichtstrahlen zu erreichen.

Es sei darauf hingewiesen, daß die Ausführungsform gemäß Fig. 3 auch ohne Verwendung eines zweiten Spiegels 34 und des Gehäuses 32 arbeiten kann. Bei einer derartigen Anordnung werden polarisierte Strahlen in nach unten geneigter Richtung durch die Öffnung 33 emittiert. Die Lage des Gehäuses 14 kann verstellt werden, um polarisierte Strahlen in jeglicher Richtung einschließlich der horizontalen und vertikalen zu haben.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 4 hat die Lichtquelle eine spezielle Ausbildung und kann im wesentlichen zur Achse parallele Lichtstrahlen erzeugen. Die Lampe 10 wird im Brennpunkt der Reflektorfläche 11 angeord-

net, die jetzt die Form eines Rotationsparaboloides hat. Vor der Lampe 10 ist mit der Reflektorfläche 11 eine Preßglasplatte 38 fest verbunden. Die konkav ausgebildete Preßglasplatte 38 hat einen sphärischen äußeren Teil, der auf seiner der Lampe 10 zugekehrten Seite mit einer äußeren, ringförmigen Spiegelfläche 39 versehen ist, die die auftreffenden Lichtstrahlen in den Mittelpunkt der Lampe 10 reflektiert, die hier als Punktlichtquelle betrachtet werden sollte. Der Bereich der Preßglasplatte 38 innerhalb der ringförmigen Spiegelfläche 39 ist konkav und besteht aus transparentem Glas. Die Preßglasplatte 38 kann als Infrarot- und/oder Ultraviolettfilter ausgebildet sein.

5 Aufgrund dieser Anordnung können nur Lichtstrahlen, die im wesentlichen parallel zur Achse sind, durch den durchlässigen mittleren Teil der Preßglasplatte 38 hindurchtreten. Ein Ring 41 dient zur Befestigung der Preßglasplatte 38 mit der Reflektorfläche 11.

10 Während der Spiegel 39 eine normale reflektierende Fläche hat, ist die Reflektorfläche 11 vorzugsweise ein kalter Spiegel.

15 Es wird angenommen, daß die kompakte Bestrahlungsanordnung gemäß Fig. 4 die geeignetste für die Behandlungen mit polarisiertem Licht ist, da hier die Notwendigkeit der Verwendung eines getrennten optischen Licht-Ablenkungssystems beseitigt ist.

Der Polarisator in Fig. 4 ist ein an sich bekanntes Nicolsches Prisma, das aus zwei Kalkspatprismen besteht, die geschliffen und mit Kanadabalsam verklebt sind. Der Winkel 43 in Fig. 4 ist 66°.

Das Nicolsche Prisma 42 wird durch die Haltescheiben 44, 45 im Gehäuse 14 befestigt. Die Haltescheibe 45 hat eine vordere Öffnung, die durch eine Glasplatte 46 verschlossen ist und als Infrarotfilter ausgebildet sein kann.

20 Fig. 5 zeigt eine detailliertere Zusammenstellungszeichnung einer Quelle für polarisiertes Licht entsprechend der prinzipiellen Anordnung gemäß Fig. 1. Bei dieser Ausführungsform werden die Lampe 10 und die Reflektorfläche 11 durch eine Lampe des Kaltspiegeltyps gebildet; diese wird von einem Rohr 50 umgeben, die mit Kühlrippen versehen ist. Die Lampe 10 wird in einem keramischen Lampensockel 51 befestigt, der mit einer Halterung 52 verbunden ist, die zusammen mit einem Träger 37 über eine Schraubverbindung am unteren Teil 25 des Rohres 50 befestigt ist. Eine Scheibe 53 mit Entlüftungsöffnungen ist der hintere Abschluß des Rohres 50. In der Mitte der Scheibe 53 ist ein hohler Schraubhalter angeordnet, um die elektrischen Kabelverbindungen und einen Tragarm 54 zu halten, der den Ventilator 29 trägt.

20 Eine Adapterhülse 55 mit Entlüftungsöffnungen ist am vorderen Ende des Rohres 50 mit den Kühlrippen angeordnet und das vordere Ende ist mit einer Hülse 56 über eine Schraubverbindung gekoppelt. Die Hülse 56 trägt im Inneren einen Linsenhalter 57, in dem eine Linse 58 angeordnet ist. Die Hülse 56 ist durch einen hohlen Filterträger 59 verlängert, der einen offenen oberen Teil aufweist, welcher seinerseits durch eine Deckplatte 60 abgedeckt ist, die damit über eine lösbare Befestigung verbunden ist. Im Filterträger 59 sind mehrere Filterhalteschlitz vorgesehen; bei dieser Ausführungsform hier vier Schlitze. Wenn die Deckplatte 60 entfernt wird, so können in die jeweiligen Schlitze des Filterträgers 59 entsprechende Filter eingesetzt werden oder die Filter können entsprechend den tatsächlichen Bedingungen ausgetauscht werden. In Fig. 5 sind in den Schlitzen des rohrförmigen Filterhalters ein Infrarotfilter 61 und ein Polarisationsfilter 62 gezeigt. Ein rohrförmiger Linsenhalter 63 ist mit dem Filterträger 59 derart verbunden, daß ein Ultraviolettfilter 64 an der Verbindung eingesetzt werden kann. Der rohrförmige Linsenhalter 63 wird zum Halten weiterer Linsen 65, 66 verwendet.

35 Die Vorrichtung gemäß Fig. 5 erzeugt Strahlen aus polarisiertem Licht mit einem Durchmesser von etwa 35 bis 40 mm, die im wesentlichen parallel zur optischen Achse ausgerichtet sind. Das emittierte Licht fällt in den sichtbaren Bereich der Wellenlängen und sowohl die Ultraviolet- als auch die Infrarotkomponenten werden wirksam unterdrückt.

40 Aufgrund der Ausführungsformen gemäß den Fig. 1 bis 5 kann festgestellt werden, daß zum Zwecke der Stimulierung der Wundheilung eine spezielle Lichtquelle benötigt wird, die sichtbares Licht erzeugt, in dem die ultravioletten und infraroten Komponenten entfernt worden sind. Das emittierte Licht sollte im wesentlichen in einem parallelen Strahl von gleichmäßiger Verteilung abgegeben werden. Die Lichtintensität des Strahles sollte etwa 150 mW/cm<sup>2</sup> nicht überschreiten. Das emittierte Licht muß linear polarisiert sein.

45 Die einzelnen konstruktiven Details der bisher beschriebenen Ausführungsformen können selbstverständlich in jeder anderen denkbaren Kombination verwendet werden. So kann z. B. die Lichtquelle gemäß Fig. 4 in einer Anordnung gemäß Fig. 1 verwendet werden, wodurch dann allerdings die Verwendung des Ablenksystems 13 nicht notwendig ist. Die Quelle des polarisierten Lichtes sollte daher nicht auf eine der beispielhaften Ausführungsformen beschränkt sein.

50 Die Anwendungen der vorgeschlagenen Bestrahlungsanordnung und die bei diesen Anwendungen erhaltenen Erfahrungen werden nun in den folgenden Beispielen beschrieben.

55 Um den Effekt des polarisierten Lichtes zu zeigen, wurden Patienten mit einer Anamnese behandelt, bei der alle Arten einer traditionellen Therapie zur Heilung ihrer Wunden angewendet worden waren, und zwar ohne einen zeitweiligen Erfolg. Insgesamt wurden 23 Patienten behandelt und die ätiologische Verteilung ihrer Krankheiten war wie folgt:

60 Ulcus cruris infolge einer diabetischen Angiopathie im Falle von sieben Patienten; durch Arteriosklerose obliterans in sechs Fällen und in sechs Fällen durch Varicositas oder postthrombotisches Syndrom. Drei Patienten wurden wegen Decubitus behandelt und ein Patient hatte eine chronische Osteomyelitis in seinen Krankheitsaufzeichnungen.

65 Vor der Behandlung mit polarisiertem Licht wurde eine konventionelle Therapie angewendet. Die Behandlung mit polarisiertem Licht wurde nach Versagen der konventionellen Therapie begonnen. Es seien nur die extremen Fälle erwähnt, bei denen einer der Patienten eine nichtheilende Wunde von mehr als 35 Jahren hatte und in mehreren Fällen hatten sich die Wunden 5 bis 20 Jahre vor Beginn der Behandlung gebildet.

Die Behandlung mit polarisiertem Licht wurde einmal am Tag durchgeführt. Der Bereich des Lichtpunktes, der auf die Wunden geworfen wurde, war etwa 4 cm<sup>2</sup> und die mittlere Bestrahlungsstärke der Strahlen war etwa

80 mW/cm<sup>2</sup>. Das Spektrum des Lichtes lag zwischen 300 nm und 700 nm. Die Spektralverteilung hatte keine einzelnen Komponenten mit hoher spezifischer Ausstrahlung. Die Dauer der Behandlung wurde so gewählt, daß die mittlere Bestrahlung, die während der Behandlung auf die Wundfläche aufgebracht wurde, 4 J/cm<sup>2</sup> betrug. Wenn der zu behandelnde Bereich größer war als der Querschnitt der Strahlen, so wurde dieser durch intermittierende Verschiebung der Lichtquelle überstrichen, und zwar derart, daß zuerst die Wundränder in Umfangsrichtung bestrahlt und der innere Bereich dann durch eine kreisförmige Einwärtsbewegung erreicht wurde. Die typische Dauer der Behandlung in jeder Lage der Lichtquelle war zwischen 1 und 2 Minuten.

Vor und nach der Behandlung wurden jeweils von der Wundsekretion Proben entnommen und es wurden Abstriche für die mikroskopische Auswertung hergestellt, wobei die Fixationstechnik und die May-Grünwald-Giemsa-Methode verwendet wurde. Mit dem Fortschreiten der Behandlung, wenn die Sekretion schrittweise verringert und beseitigt war, konnten Abstriche nicht mehr hergestellt werden.

Zusätzlich zu den Proben für die Abstriche wurden größere Proben aus der Wundsekretion entnommen, wenn dies möglich war, um die Zusammensetzung der Proteine, insbesondere der Immunoproteine, im Serum festzustellen.

Während der Dauer der Behandlung mit polarisiertem Licht erhielten die Patienten keinerlei Antibiotika und es wurden nur Trockenbandagen aufgebracht.

Aufgrund der zytologischen Untersuchungen der Abstriche, die von den Wunden vor und nach jeder Behandlung entnommen wurden, konnten die folgenden allgemeinen Resultate erhalten werden:

a) Das Verhältnis der gesunden Leukozyten, die zur Bakterienphagozytose geeignet waren, zu den nekrotischen stieg infolge der Bestrahlung mit polarisiertem Licht in einem wesentlichen Ausmaß.

Der Anstieg dieses Verhältnisses zeigte in den untersuchten Fällen ein ziemlich variables Bild. In einigen Fällen zeigte sich, daß, trotzdem keine gesunden Leukozyten im Abstrich vor der Behandlung vorhanden waren, das Verhältnis der gesunden Leukozyten zu den nekrotischen auf 50 : 50% im Abstrich stieg, der unmittelbar nach der Behandlung hergestellt wurde.

Die Bestrahlung mit polarisiertem Licht erleichterte das Auftreten gesunder Leukozyten an der Wundoberfläche. Das Ausmaß der Vergrößerung dieses Verhältnisses zugunsten der gesunden Leukozyten konnte in nahezu jeder Probe festgestellt werden, sie war jedoch besonders nach den ersten Behandlungen einer Serie hoch.

Die meisten Leukozyten im Abstrich waren neutrophile Granulozyten, die die Basis des Zellabwehrmechanismus des Organismus darstellen, der die elementarste Form des Schutzes ist. Indem sie sich aufopfern, verschlingen neutrophile Granulozyten Bakterien, um so den Organismus zu schützen. Das Maß der Intensität der Bakteriophagozytose ist die Zahl der Bakterien, die durch einen einzigen neutrophilen Granulozyten verschluckt werden.

Fig. 8a, 8b, 9a und 9b zeigen diese Erscheinungen.

Fig. 8a zeigt einen Abstrich, der vor der Behandlung gemacht wurde, wobei eine große Anzahl von extrazellulären Bakterien beobachtet werden kann und die überwältigende Mehrheit der Leukozyten sind nekrotische Leukozyten. Der Zustand nach der Behandlung ist in Fig. 8b gezeigt. Die extrazellulären Bakterien sind im wesentlichen verschwunden und hauptsächlich gesunde Leukozyten können entnommen werden.

Ein anderer typischer Abstrich ist in Fig. 9a gezeigt, wobei die Zahl der nekrotischen Zellen vor der Behandlung hoch war; nach der Behandlung trat, wie Fig. 9b zeigt, ein wesentlicher Anstieg der Zahl der gesunden Zellen auf.

b) Die Intensität der Phagozytose hat sich auch vergrößert. Zusätzlich zu der Vergrößerung des Verhältnisses der gesunden phagolytischen Leukozyten hat sich infolge der Bestrahlung mit polarisiertem Licht auch die Intensität der Phagozytose vergrößert.

Die ziemlich träge Bakteriophagozytose vor der Behandlung, d. h. eine Vernichtung von etwa 8 bis 10 Bakterien durch eine einzige Zelle, wurde immer intensiver und die Leukozyten vernichteten bis zu 80 bis 100 Bakterien unter der Wirkung der Behandlung.

Die Intensität der Phagozytose ist auch durch das prozentuelle Verhältnis der tatsächlich phagolysierenden Leukozyten innerhalb der Gesamtzahl der gesunden Leukozyten charakterisiert. Vor der Behandlung waren nur 5 bis 10% der gesunden Leukozyten phagozytisch, danach stieg dieses Verhältnis jedoch auf 50 bis 60%.

Diese beiden Erscheinungen sind besonders augenscheinlich in der anfänglichen Phase der Heilung, da das Heilen von Wunden hauptsächlich durch die Gegenwart von extrazellulären Bakterien verhindert wird.

Das Auftreten von gesunden Leukozyten in der Sekretion und beider Arten der Verstärkung der Bakteriophagozytose unterstützen die Vernichtung der extrazellulären Bakterien.

Fig. 10a zeigt die Lage vor der Behandlung, wo nur wenige Zellen phagozytisch sind und jede nur eine geringe Anzahl von Bakterien verschluckt. Fig. 10b zeigt die Lage nach der Behandlung und beweist, daß die Zahl der phagozytischen Zellen und die Zahl der durch eine Zelle verschluckten Bakterien sich merklich erhöht hat. Eine ähnlich beträchtliche Verstärkung kann in den Fig. 11a und 11b gesehen werden, die ebenfalls die jeweilige Lage vor und nach der Bestrahlung zeigen. Die Abstriche nach der Bestrahlung zeigen auch das Verschwinden der extrazellulären Bakterien.

c) Unter der Wirkung der Behandlung mit polarisiertem Licht wird die immunologische (humorale) Abwehr des Organismus ebenfalls eingeleitet oder intensiviert.

Es ist bekannt, daß diese Art des Schutzes gegen Bakterien durch Plasmazellen, Lymphozyten und Monozy-

ten, gegeben ist. Diese Arten von Leukozyten erzeugen Immunoproteine, die die Bakterien töten. Das Erscheinen dieser Zellen bedeutet, daß der Organismus tiefere, immunologische Mechanismen mobilisiert, um die Wunde zu heilen und die Bakterien abzutöten.

Während der Abstrich vor der Bestrahlung im allgemeinen nur neutrophile Granulozyten enthielt, traten nach 5 der Bestrahlung auch andere Typen von Leukozyten auf, die eine höhere humrale Form des Schutzes schaffen. Derartige Zellen sind z. B. eosinophile Zellen, Lymphozyten und Monozyten.

In einigen Fällen traten diese Zellen bereits nach einer geringen Anzahl von Behandlungen auf. Das Verhältnis 10 des Erscheinens dieser Zellen relativ zu anderen Zellen war von Fall zu Fall verschieden. Es war möglich, daß vor der Behandlung unter den Leukozyten keine Lymphozyten gefunden wurden, wohingegen das Verhältnis der Lymphozyten am Ende der Behandlung auf 4 bis 10% stieg. Mit der steigenden Zahl der Behandlungen konnten Lymphozyten in der Sekretion bereits vor der Behandlung des nächsten Tages festgestellt werden, jedoch war ihr Verhältnis vor der Behandlung z. B. 2%, das dann nach der Behandlung auf 20% stieg.

Eine ähnliche Erscheinung wurde im Falle von eosinophilen Granulozyten festgestellt, wo das Verhältnis von 15 anfänglich 0% auf 1 bis 5% und dann in der letzten Phase der Therapie von anfänglich 1% auf 20% stieg. Ein ähnlicher Anstieg des prozentualen Verhältnisses der Monozyten von anfänglich 0% auf 5% nach der Behandlung und in der letzten Phase von 3% auf 5% konnte ebenfalls festgestellt werden.

Die Zellen, die den immunologischen Widerstand des Organismus ergeben, erschienen im allgemeinen nach 20 der zweiten oder dritten Behandlung, ein beträchtlicher quantitativer Anstieg konnte im allgemeinen während oder nach der siebenten bis neunten Behandlung festgestellt werden. Das Vorhandensein dieser Zellen stabilisierte sich jedoch erst nach der fünfzehnten bis zwanzigsten Behandlung, bis wohin ihre Menge zwischen aufeinanderfolgenden Behandlungen abnahm.

Zu diesem Zeitpunkt gab es bereits sichtbare Zeichen für den stattfindenden Heilprozeß. Dies ist ziemlich kennzeichnend, da vor der ersten Behandlung keine Spuren von Leukozyten in der Sekretion irgendeines der Patienten waren, die eine immunologische Abwehr geben würden.

Fig. 12a zeigt einen Zustand vor der Behandlung mit einer sichtbar hohen Zahl an extrazellulären Bakterien und träge Bakteriophagozytose. Abgesehen von neutrophilen Granulozyten kann kein anderer Typ von Leukozyten erkannt werden. Fig. 12b zeigt den Zustand nach der Behandlung und man kann erkennen, daß einige Lymphozyten aufgetreten sind und die extrazellulären Bakterien verschwunden sind. Nach einer späteren Behandlung können Monozyten festgestellt werden, siehe Fig. 12c. In Fig. 12c kann man auch sehen, daß bereits 30 Fibrinfasern vorhanden sind. In ähnlicher Weise zeigt Fig. 13a den Zustand vor der Behandlung mit einer geringen Granulatität. Nur neutrophile Granulozyten können gesehen werden. Nach der Behandlung sind auch eosinophile Zellen aufgetreten, siehe Fig. 13b. Nach aufeinanderfolgenden Behandlungen trat eine große Anzahl von eosinophilen Zellen in dem Abstrich auf, wie dies aus Fig. 13c erkannt werden kann. In Fig. 14a können Lymphozyten sogar vor der Behandlung festgestellt werden und ihre Anzahl hat sich nach der Behandlung 35 beträchtlich erhöht (Fig. 14b).

Man kann feststellen, daß zuerst die Menge und Aktivität der neutrophilen Granulozyten bei einer chronischen hartnäckigen Wunde zunehmen und daß nachher oder teilweise gleichzeitig Zellen mit einer höheren Form von Schutz auftreten, und wenn diese Schutzmechanismen relativ stabilisiert werden, dann beginnt der sichtbare Prozeß der Heilung der Wunde.

40 d) Die Entwicklung des immunologischen Schutzes wird durch die Änderung der Qualität und Quantität der Granula im Zytoplasma der Zellen bestätigt, die unter der Wirkung der Behandlung stattfindet.

45 Die Granulation umfaßt die lysosomatischen Enzyme, die alle Arten von organischen Substanzen auflösen können, die für den Schutz gegen Bakterien notwendig sind, und die Gegenwart einer festgelegten, groben Granulation ist der Beweis für das quantitative Wachstum und das Auftreten derartiger Enzyme.

Die Fig. 15a und 15b zeigen die Änderungen in Ausmaß und Qualität der Granulation unter der Wirkung der Behandlung mit polarisiertem Licht. Vor der Behandlung ist die Granulation in den neutrophilen granulozytischen Zellen schwach und kaum feststellbar. Im Zustand nach der Behandlung gemäß Fig. 15b kann eine 50 bestimmte, großkörnige und gut entdeckbare Granulation im Zytoplasma der Zellen festgestellt werden.

e) Das wenige Fibrin, das in den Abstrichen vor der Behandlung gegebenenfalls vorhanden ist, ist dünn mit einer Tendenz zur Desintegration.

55 Das Vorhandensein von Fibrin im Laufe der ersten wenigen Behandlungen konnte kaum festgestellt werden. Unter der Wirkung der Behandlung mit polarisiertem Licht vervielfachte sich die Menge an Fibrin im Hinblick auf den Zustand vor der Behandlung. Diese Fibrine werden zu langen dicken, parallelen geraden Fasern oft in Bündeln angeordnet. Dies ist in den Fig. 16a und 16b gezeigt, die Abstriche vor und nach der Bestrahlung zeigen. Auch die Wirkung der Behandlung mit polarisiertem Licht auf die Zusammensetzung der Immunoproteine in der Sekretion ist untersucht worden. Die Messungen der Zusammensetzung wurden durch Immunoelektrophoretische Verfahren durchgeführt. 0,4 µl Volumen an Sekretion wurden für jede Analyse benötigt, um auf einer speziell präparierten Platte für immunologische Untersuchungen Proben herzustellen. Es können acht verschiedene Proteine üblicherweise auf einer einzigen Platte gemessen werden. Auf jeder Platte befindet sich eine Standardprobe, in der die einzelnen Bereiche, die zu den jeweiligen Anteilen gehören, bekannt sind. Daher 60 können die Messungen nicht nur relative, sondern auch absolute Werte liefern.

Während der Immunoelektrophorese trennen sich die einzelnen Proteinanteile und die quantitativen Verhältnisse der Anteile werden durch die Verhältnisse der entsprechenden Bereiche dargestellt. Bringt man die Testplatte in einen Überkopfprojektor und markiert die Konturen jedes Anteiles bei der gleichen Vergrößerung,

# DE 32 20 218 C3

so kann mit Hilfe eines Planimeters die Größe der erhaltenen Bereiche bestimmt werden. Dann werden die Anteilmengen mit Bezug auf die Standardbereiche berechnet. Derartige markierte Konturen sind in den Fig. 17a und 17b vor und nach der Behandlung gezeigt. Die den jeweiligen Komponenten zugeordneten Ziffern bilden die relativen Indizes der bezogenen Bereiche.

Im Laufe der Messungen wurde die Zusammensetzung der Immunoproteine in der Sekretion dreier Patienten analysiert und die Proben wurden vor und nach jeder Behandlung einer Serie entnommen. Die Wirkung der Behandlung ist durch das Ausmaß der Änderung der Zusammensetzung wiedergegeben. Tabelle 1 zeigt die prozentualen Änderungen der Immunoproteinanteile dreier Patienten A, B und C aufgrund der jeweiligen Behandlungen. Fehlende Eintragungen zeigen an, daß die geringe Menge an Sekretion, die während einer bestimmten Behandlung zu erhalten war, nicht ausreichte, um die Messung der besonderen Komponente durchzuführen. Im Falle des Patienten C war aufgrund der raschen Heilung der Wunde eine ausreichende Menge an Sekretion nur während einer geringen Anzahl von Behandlungen verfügbar.

Tabelle 1

Prozentuale Änderungen der jeweiligen Komponenten nach der Behandlung relativ zu den Werten vor der Behandlung

Proben-Nr.	Albumin			Immunoglobulin G			Immunoglobulin A			Immunoglobulin M		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	125	126	239	73	111	150	74	118		100	100	
2	80	126	600	135	107	433	146	100		200	100	
3	140	114	57	118	117	61	118	127	67	200	100	50
4	120	377	175	112	236	239	120		192	100		350
5	132	110		121	115		131	112		50	149	
6	81	97		91	100		94	100		100	200	
7	96	84		92	100		87	116		100	100	
8	104			103			111			167		
9	120			123			109			200		
10	132			142			149			200		
11	94			96			92			100		
12	137			133			133			200		
13	125			205			150			223		
14	123			104			91			100		

Tabelle 1 (Fortsetzung)

5	Proben-Nr.	$\alpha_1$ -Lipoprotein			Transferrin			$\alpha_2$ -Makroglobulin			$\alpha_1$ -Antitrypsin		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	1	100	125	275	70	120	90	70			76	100	
10	2	122	100		142	100		142			132	100	
	3	180	107	53	124	120	54				118	121	57
	4	120	400	330	127	299	284				123		300
15	5	150	108		141	107					131	108	
	6	70	100		92	88		100			100	77	
	7	131	90		92	111		111			94	100	
20	8	109			109			118			100		
	9	56			124			167			120		
	10	136			165			140			171		
25	11	90			76			80			83		
	12	143			150			179			137		
	13	324			233			200			270		
	14	100			111			80			124		

Aufgrund der Tabelle 1, in der die entsprechenden Werte vor der Behandlung mit 100% angenommen wurden, kann man sehen, daß die Bestrahlung mit polarisiertem Licht die Proteinogenese in der Sekretion verstärkt, und zwar offensichtlich bei den verschiedenen Anteilen mit verschiedenem Ausmaß. Die beträchtlichen Schwankungen in den Eintragungen der Tabelle ergaben sich aus individuellen Unterschieden und aus der Tatsache, daß die Proben in verschiedenen Phasen der Heilung entnommen wurden. Es hatte keinen Sinn, Mittelwerte auszurechnen, und zwar aufgrund der hohen Unterschiede der Werte, jedoch zeigen die Daten der Tabelle 1 klar die Tendenz einer quantitativen Vergrößerung der Komponenten aufgrund der Behandlung. Die Angaben zeigen, daß die höchsten Steigerungen bei Immunoglobulin-M auftraten, dann folgten Albumin,  $\alpha_1$ -Lipoprotein, Immunoglobulin-G,  $\alpha_1$ -Antitrypsin, Transferrin,  $\alpha_2$ -Makroglobulin und Immunoglobulin-A.

Es ist auch festgestellt worden, daß die Inklination zum Heilen der verschiedenen Patienten proportional dem quantitativen Anstieg der Immunoproteine ist, die sich unter der Wirkung der jeweiligen Behandlungen ergeben. Je größer der Zuwachs der Immunoproteine ist, d. h. je intensiver die Wirkung der Behandlung mit polarisiertem Licht ist, desto höher ist das Heilungsausmaß. Berücksichtigt man diese Beziehung, so können die Inklination der Wunde zum Heilen und die zu erwartende Gesamtdauer der Kur auf der Basis einer geringen Anzahl von Behandlungen bereits abgeschätzt werden.

Die Ergebnisse der immunologischen Untersuchungen sind in Übereinstimmung mit den Erfahrungen aus den zytologischen Untersuchungen, d. h. unter der Wirkung der Behandlung mit polarisiertem Licht ergibt sich folgendes:

50 1) es treten Proteintypen auf, die einen humoralen Schutz ergeben,  
 2) es erfolgt eine richtige Granulation im Zytoplasma der Zellen, was die Gegenwart von lysosomatischen Enzymen anzeigt,  
 55 3) ein wirksamer Schutz gegenbazillenförmige Bakterien beginnt, die hauptsächlich auf immunologischen Wege zerstörbar sind.

Neben den zytologischen und immunologischen Untersuchungen wurde auch dem allgemeinen Heilprozeß große Bedeutung zugemessen.

Während der Untersuchungen wurden die makroskopischen Parameter der Wunden gemessen und die erhaltenen Ergebnisse wurden ausgewertet. Es wurden die Änderungen in den Basen der Wunden gemessen und aufgezeichnet, einschließlich der vertikalen und horizontalen Abmessungen der Ränder der Wunden, sowie auch ihrer Tiefe und die Breite der neugewachsenen epithelialen Ränder. Während der Behandlungen reinigten sich die Wunden zuerst, die Sekretion verringerte sich und wurde bereits nach einer geringen Anzahl von Behandlungen klarer. Gleichzeitig berichteten die Patienten über eine beträchtliche Verringerung ihrer Schmerzen. Die Wunden begannen nach einer gewissen Latenzzeit sichtbar zu heilen, die im allgemeinen eine Woche betrug. Nach dieser Zeit begannen die Wunden schrittweise zu heilen, und zwar sogar solche, die vor der Behandlung mit polarisiertem Licht keinerlei Tendenz zur Heilung zeigten.

Nach einer weiteren Woche der Behandlung wurde der Heilprozeß üblicherweise wesentlich rascher.

# DE 32 20 218 C3

Die Enden von Blutgefäßen erschienen auf dem Grund der Wunden später mit weißen perligen Zuwächsen umgeben und die Epithelisierung begann an den Rändern. Die neue Epidermis war zuerst ein roter Bereich, der dann normalerweise weiß wurde und am nächsten Tag eine randartige Erhöhung wurde.

Der Beginn und das Ausmaß der Heilung hängen weitgehend vom Alter, dem Allgemeinzustand, dem medizinischen und dem hämodynamischen Zustand des Patienten ab.

Dieser Vorgang ist in den Fig. 18, 19 und 20 wiedergegeben. Die vollen Linien zeigen die horizontale Abmessung der Wunden und die strichlierten Linien die vertikale Abmessung.

In der Anamnese eines 54 Jahre alten männlichen Patienten war die einzige Krankheit, unter der er litt, die Hepatitis. Er hatte 20 Jahre lang eindeutig Varikosität, er hatte jedoch keine Thrombose gehabt. Sein Schienbein spaltete sich das erste Mal vor 15 Jahren und dann heilte die Wunde plötzlich. Dieser Vorgang wiederholte sich seit damals verschiedene Male. Vor vier Jahren entwickelte sich an seinem rechten Schienbein ein Ulcus und die gegenwärtigen Wunden hatten seit 10 Monaten nicht geheilt. Er wurde mit herkömmlichen medizinischen Maßnahmen behandelt.

Die Behandlung mit polarisiertem Licht wurde nach diesen Vorgangsweisen vorgenommen. Zu diesem Zeitpunkt hatte er einen 2 mm tiefen Ulcus mit einer Größe von  $20 \times 24$  mm am Rand des mittleren und unteren Drittels seines Schienbeines und eine 4 mm tiefe mit einer Größe von  $24 \times 18$  mm am distalen Drittel. Ungefähr nach der fünften oder siebenten Behandlung begannen die Wunden rasch zu heilen. Sie wurden flacher und geädert. Die distale Wunde heilte mit einer Verkrustung bis zur 40. Behandlung (Fig. 18), dann verwuchs auch der viel tiefere proximale Ulcus bis zur 57. Behandlung (Fig. 19) und die Kur war beendet.

Fig. 20 zeigt die Heilung der Wunden eines 66jährigen männlichen Patienten. Seine Anamnese enthielt permanente Koxalgie während 21 Jahren und er hatte daher eine künstliche Hüfte (Prothese) seit 17 Jahren. Um ihm die vorhandenen Schmerzen zu nehmen, wurde eine Cordothomie durchgeführt. Aufgrund einer geistigen Verwirrung, die sich sechs Monate vorher ergeben hatte, wurde er in die psychiatrische Abteilung überführt. Am Körper des Patienten, der zwischenzeitlich an das Bett gefesselt wurde, entwickelten sich graduell auf beiden Seiten der Hüfte und auch des Kreuzbeines Decubiti. Es wurde dann mit der Behandlung mit polarisiertem Licht begonnen. Am Beginn der Therapie hatte er zwei 3 mm tiefe Wunden auf der rechten Seite der Hüfte, eine mit  $21 \times 30$  mm und eine andere mit  $16 \times 25$  mm. Auf der linken Seite hatte er eine 38 mm tiefe Wunde von  $66 \times 45$  mm. Der Decubitus am Kreuzbein war  $30 \times 13$  mm groß. Die Wirkung des polarisierten Lichtes begann die Wunden schrittweise zu reinigen und nach der siebenten Behandlung begann ihr Ausmaß langsam zu schrumpfen. Dann beschleunigte sich die Heilung zeitweilig und nach der 40. Behandlung senkten sich die Taschen an den Rändern und die Tiefe des Hohlräumes verringerte sich beträchtlich. Der Patient verließ aufgrund einer Familienaffäre nach der 50. Behandlung auf seinen Wunsch hin das Krankenhaus. Zu diesem Zeitpunkt waren der Ulcus am Kreuzbein und die kleinere Wunde auf seiner rechten Seite vollständig epithelisiert und die andere war auf ein Ausmaß von  $8 \times 17$  mm zurückgegangen und die Wunde auf seiner linken Seite auf  $26 \times 20$  mm.

Erfahrungen, die man mit der Behandlung von polarisiertem Licht erhalten hat, zeigten, daß Schädigungen aufgrund von Diabetes auf die Behandlung nach der längsten Zeit und mit dem geringsten Ausmaß reagieren. Die Neigung der Wundheilung aufgrund von Arteriosklerosis obliterans ist etwas besser. Die augenscheinlichsten und schnellsten Resultate erreicht man jedoch bei der Heilung von Ulcus cruris, der sich aufgrund von postthrombotischem Syndrom entwickelt hat.

Bisher sind die stimulierenden Effekte der Behandlung mit polarisiertem Licht bei der Heilung von chronischen, sonst nichtheilenden Wunden gezeigt worden. Es wurde klar, daß die Behandlung einen beträchtlichen stimulierenden Effekt auf den Heilprozeß selbst in Fällen von äußerst ungünstiger Pathographie ausübt. Es ist daher selbstverständlich, daß der stimulierende Effekt der Behandlung mit polarisiertem Licht sich auch bei der Heilung von akuten Verletzungen, Schnitten und konturierten Wunden ergibt, wo die Bedingungen zur Verhinderung des Heilprozesses weniger deutlich sind.

Nach den Erfahrungen erleichtert die Behandlung mit polarisiertem Licht auch die Heilung von Schädigungen aufgrund von Verbrennungen. Am Bein eines 40jährigen männlichen Patienten wurde zur Behandlung einer drittgradigen Verbrennung ein Autograft durchgeführt. Das Hauttransplantat trennte sich auf einem Bereich von  $1 \times 5$  cm und an zwei zusätzlichen Bereichen von jeweils  $1 \text{ cm}^2$ . Die Ärzte, die die traditionelle Behandlung durchführten, rieten zu einer neuen Transplantation, da nach ihrer Meinung der Wachstumsprozeß von den Rändern der Wunde mehrere Monate in Anspruch nehmen würde.

Unter diesen Bedingungen begann die Behandlung der Wundfläche mit polarisiertem Licht einmal am Tag bei  $4 \text{ J/cm}^2$  Dichte an Energie. Nach der dritten Behandlung begann das Wachstum an den Rändern der Wunde. Dann beschleunigte sich das Verfahren der Heilung; nach zwei Wochen fand eine vollständige Verkrustung statt und nach Beendigung der Behandlung heilte die gesamte Fläche. Die Behandlung mit polarisiertem Licht wurde nur an jenen Stellen durchgeführt, wo sich das Hauttransplantat abtrennte.

Die transplantierte Hautfläche, die nicht mit polarisiertem Licht behandelt worden war, hatte eine rötliche Farbe mit sekundären Taschen. Die Farbe der wiederhergestellten Haut, die mit polarisiertem Licht bestrahlt worden war, war natürlich, ihre Oberfläche war glatt und es war der stärkste und gesündeste Teil des verheilten Bereiches der drittgradigen Verbrennung.

Bedenkt man, daß die Behandlung mit Laserlicht in den verschiedensten Gebieten der klinischen Praxis seit seiner Einführung vor vielen Jahren erfolgt und daß der biostimulierende Effekt nachgewiesen worden ist, so kann gefolgert werden, daß der biostimulierende Effekt auch in ähnlichen Anwendungsbereichen durch die Behandlung mit polarisiertem Licht eingeleitet werden kann.

Dies kann auch der Fall sein bei verschiedenen Behandlungen kosmetischer Natur, für die Entfernung von Narben, für die Stimulierung verschiedenster Schädigungen auf der Körperoberfläche in Analogie zur Laserstimulierung oder im allgemeinen zur Stimulierung biologischer Prozesse, die im Grunde mit der zellulären

# DE 32 20 218 C3

Aktivität verbunden sind.

## Patentansprüche

- 5 1. Bestrahlungsleuchte, insbesondere therapeutische Bestrahlungsleuchte, für die Stimulierung biologischer Prozesse, die bei der Zellaktivität auftreten, mit einer Lampe, die inkohärentes Licht oberhalb von 300 nm abgibt, und mit einem optischen System im Strahlengang des von der Lampe abgegebenen Lichtes, um die Lichtstrahlen in eine gegebene Behandlungsrichtung zu bringen, dadurch gekennzeichnet, daß das bestrahrende Licht wenigstens im Wellenbereich von 400 bis 700 nm linear polarisiertes Licht ist, wozu ein Polarisator (16, 22, 31, 42, 62) in den Strahlengang eingebracht ist, und das bestrahrende Licht wenigstens in diesem Bereich eine kontinuierliche oder quasikontinuierliche Spektralverteilung hat, wobei die Größe des Strahlungsaustrittes wenigstens  $3 \text{ cm}^2$  beträgt.
- 10 2. Bestrahlungsleuchte nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die spezifische Ausstrahlung, gemessen an der bestrahlten Fläche, auf einen Wert zwischen 20 und 150  $\text{mW/cm}^2$  eingestellt ist.
- 15 3. Bestrahlungsleuchte nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das bestrahrende Licht linear polarisiertes Licht auch im Infrarotbereich aufweist.
- 20 4. Bestrahlungsleuchte nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Licht im wesentlichen parallele Strahlen aufweist.
5. Bestrahlungsleuchte nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ultraviolettfilter (15, 36, 64) im Strahlengang vorgesehen ist.
- 25 6. Bestrahlungsleuchte nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Polarisator ein Polarisationsfilter (16) ist.
7. Bestrahlungsleuchte nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle, daß das Polarisationsfilter im Infrarotbereich nicht wirksam ist, ein Infrarotfilter (12, 61) im Strahlengang vorgesehen ist.
- 30 8. Bestrahlungsleuchte nach Anspruch 1, wobei eine Reflektorfläche hinter der Lampe angeordnet ist, um die nach hinten abgegebenen Strahlen nach vorne zu reflektieren, und die Lampe und die Reflektorfläche an dem einen Ende eines rohrförmigen Gehäuses vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, daß an dem anderen Ende des rohrförmigen Gehäuses (14) ein Spiegelpolarisator (22) vorgesehen ist, der eine Ebene aufweist, die zum durch das Gehäuse (14) hindurchtretenden Licht derart geneigt ist, daß der Auftreffwinkel des Lichtes auf den Polarisator (22) gleich dem Brewsterschen Winkel ist.
- 35 9. Bestrahlungsleuchte nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Spiegelpolarisator aus mehreren transparenten, planparallelen Platten (31) hergestellt ist.
- 40 10. Verfahren für die Stimulierung biologischer Prozesse, die bei der Zellaktivität auftreten, jedoch nicht zur therapeutischen Behandlung des menschlichen oder tierischen Körpers, wobei der zu stimulierende Bereich mit inkohärentem Licht vorbestimmter spezifischer Ausstrahlung und Wellenlängen von mehr als 300 nm bestrahlt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestrahlung mit einem wenigstens im Wellenlängenbereich von 400 bis 700 nm linear polarisierten Licht erfolgt, daß die vorbestimmte spezifische Ausstrahlung des linear polarisierten Lichtes, gemessen an der bestrahlten Fläche, auf einen Wert zwischen 20 und 150  $\text{mW/cm}^2$  eingestellt wird, daß die Bestrahlung in intermittierenden Perioden durchgeführt wird und daß die während jeder Periode aufgebrachte Energie höchstens  $5 \text{ J/cm}^2$  beträgt.
- 45 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß dann, wenn der Querschnittsbereich des bestrahrenden Lichtes geringer ist als der zu bestrahrende Bereich, die Bestrahlung durch eine relative Verschiebung zwischen dem Bündel und dem Bereich erfolgt, wobei zuerst Umfangsteile des Bereiches bestrahlt werden und dann entlang kreisförmiger konzentrischer Wege eine Annäherung an den Mittelteil erfolgt.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

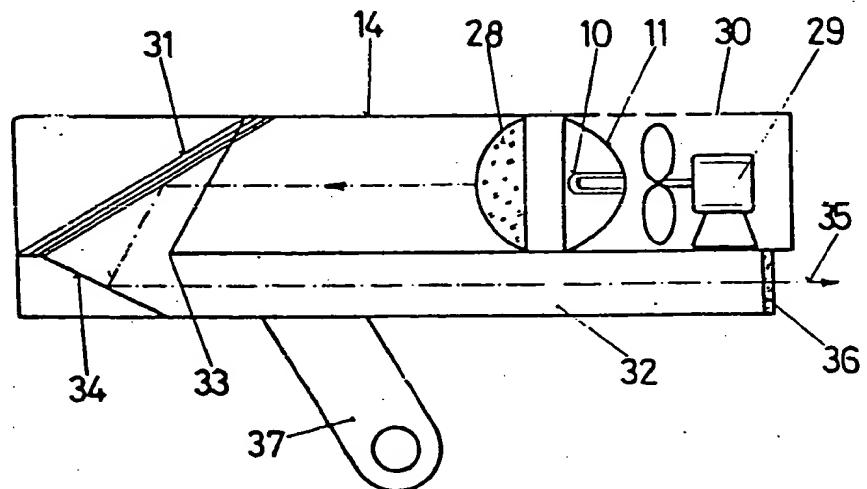


Fig. 3.

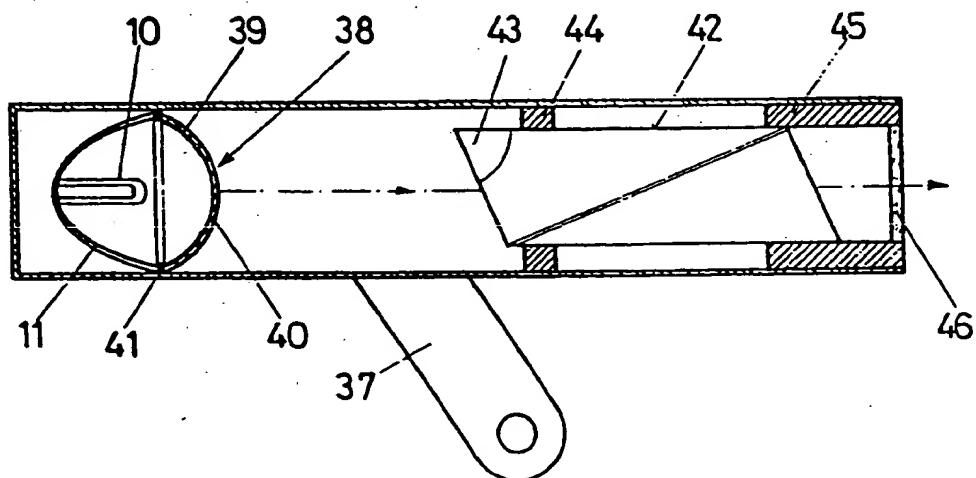
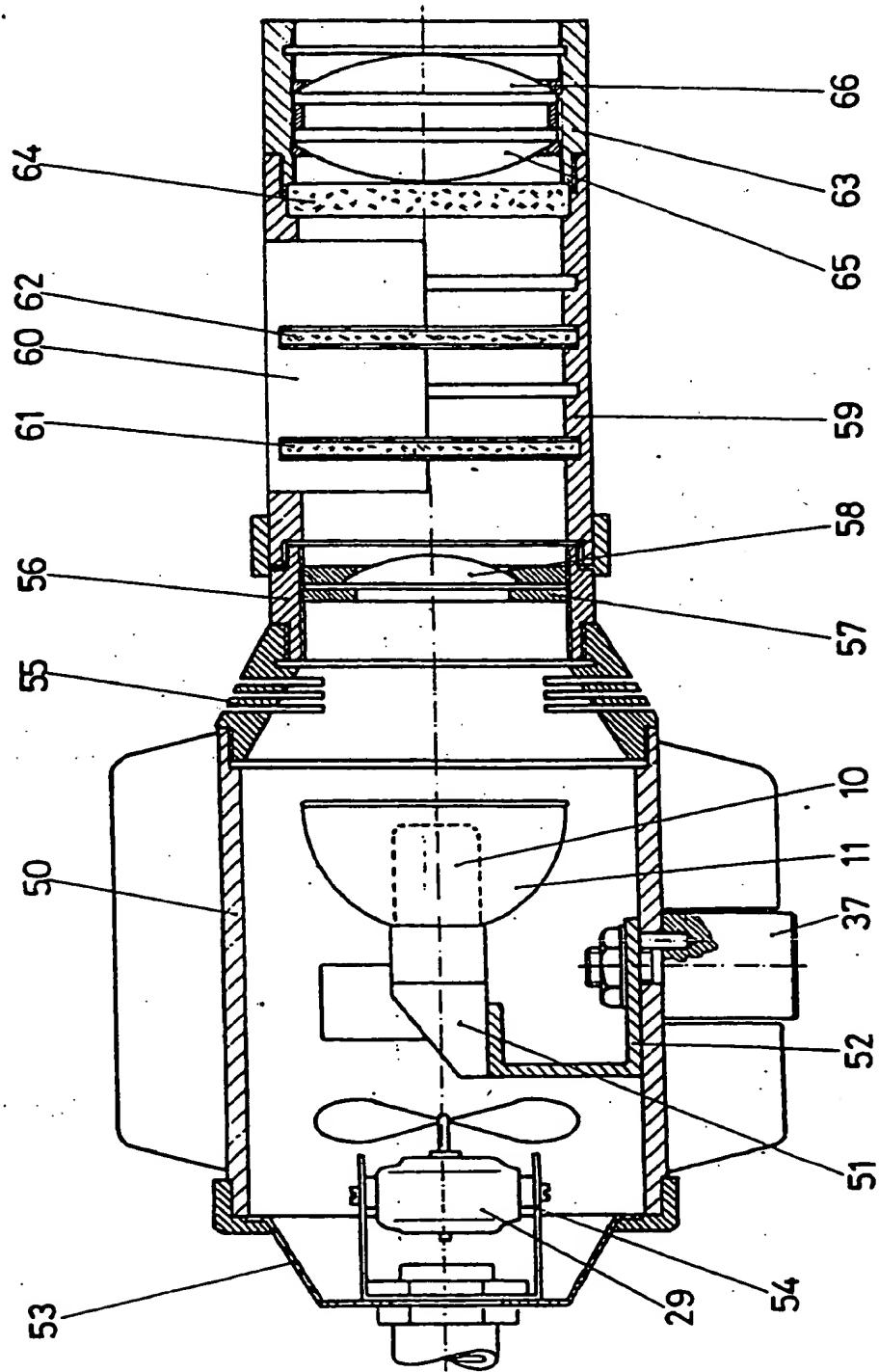


Fig. 4.



Nummer: DE 32 20 218 C3  
Int. Cl. 5: A 61 N 5/06  
Veröffentlichungstag: 31. Mai 1990

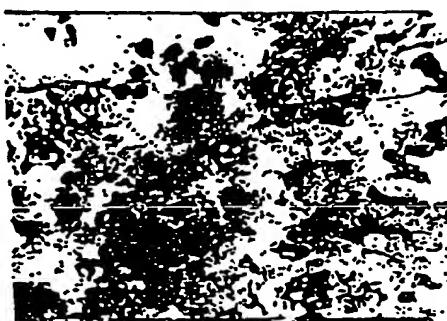


FIG. 8a



FIG. 8b



FIG. 9a

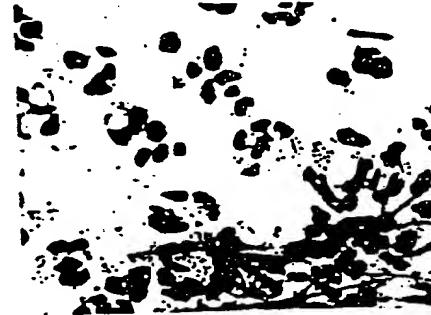


FIG. 9b

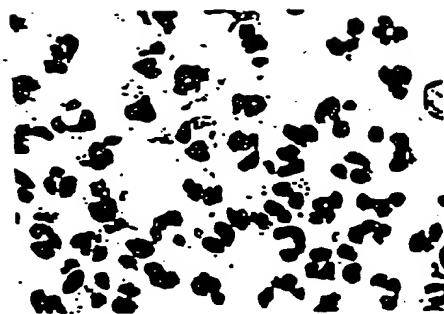


FIG. 10a



FIG. 10b.

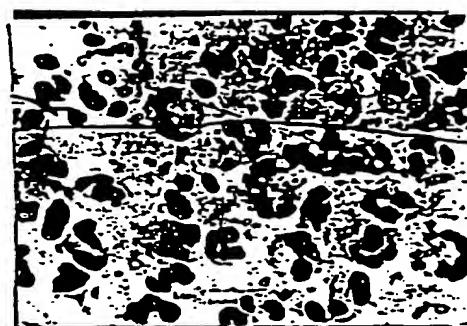


FIG. 11a

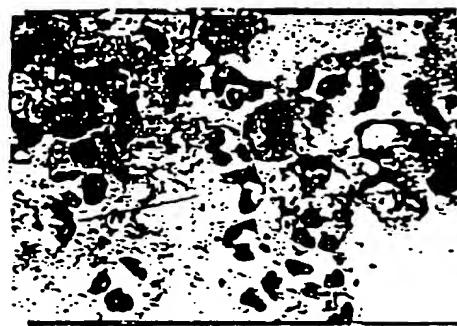


FIG. 11b



FIG. 12a

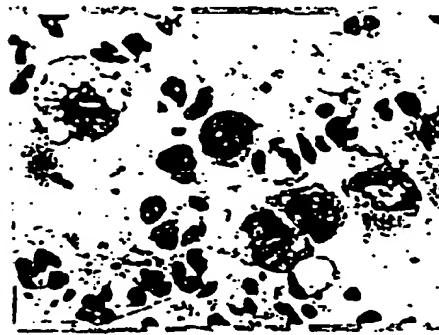


FIG. 12b

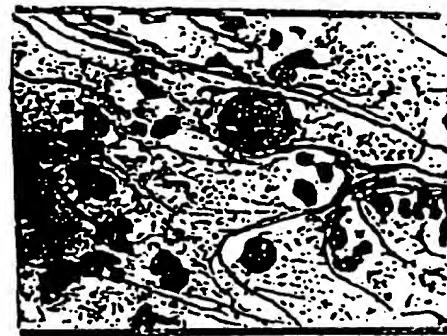


FIG. 12c

ZEICHNUNGEN SEITE 6

Nummer:

DE 32 20 218 C3

Int. Cl. 5:

A 61 N 5/06

Veröffentlichungstag: 31. Mai 1990



FIG. 13a

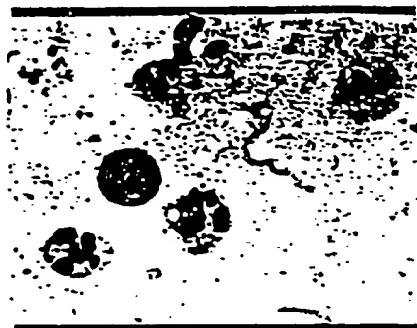


FIG. 13b

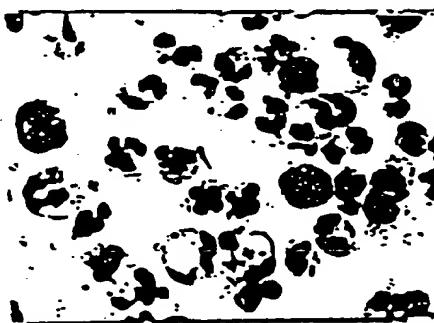


FIG. 13c

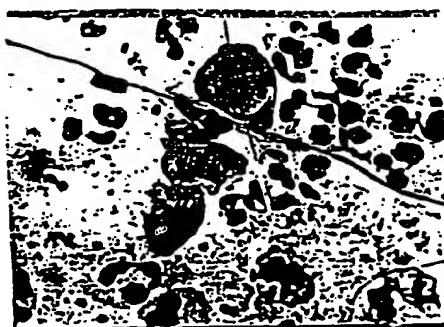


FIG. 14a

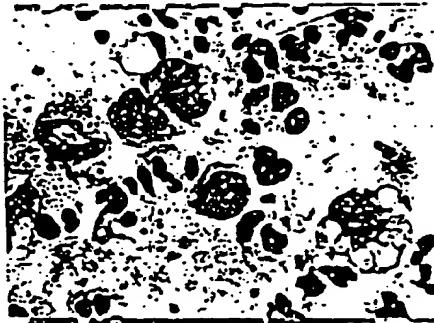


Fig. 14b

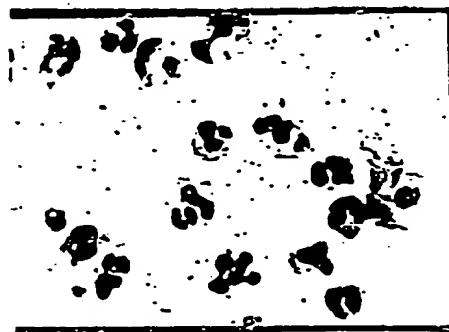


FIG. 15a



FIG. 15b



FIG. 16a



FIG. 16b

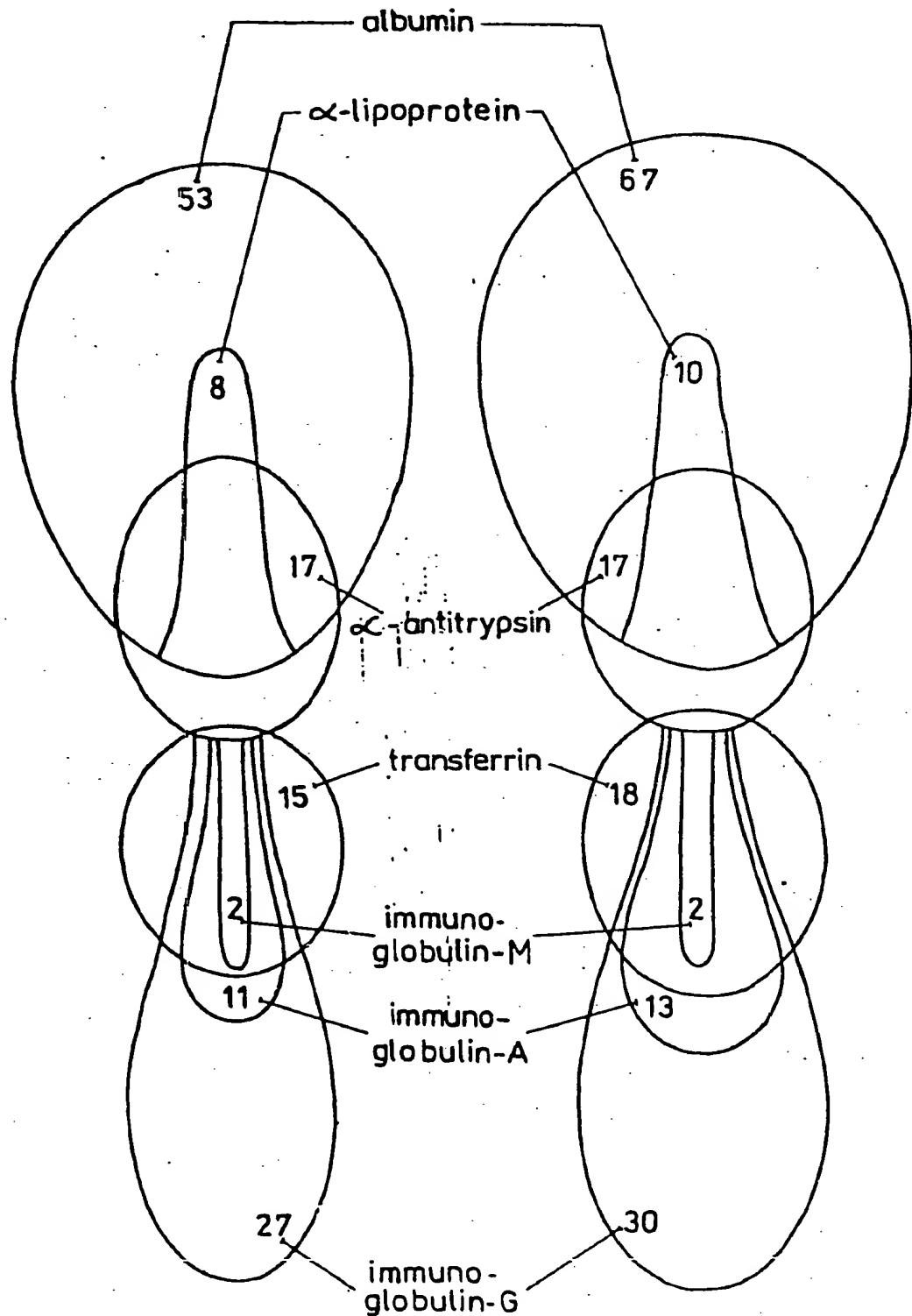


Fig. 17a

Fig. 17b

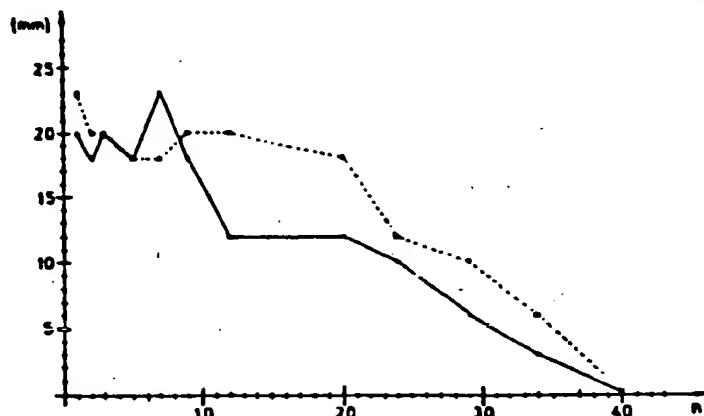


Fig. 18

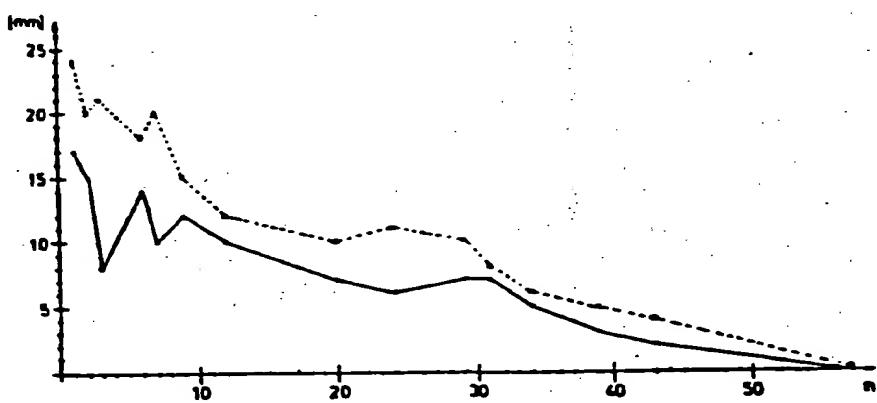


Fig. 19

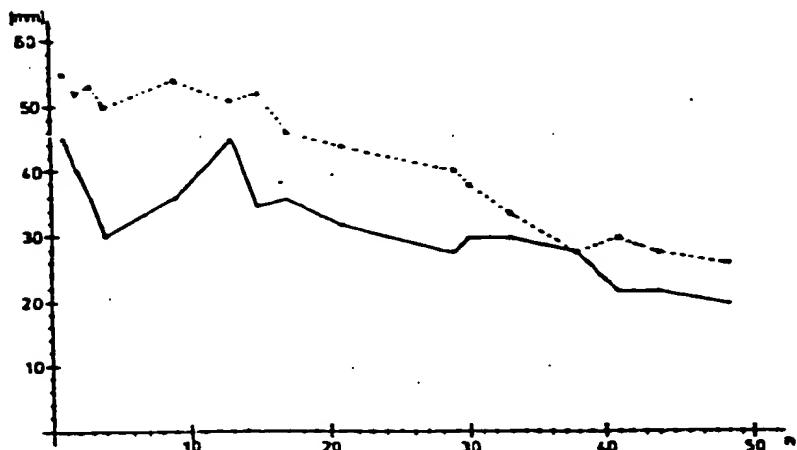


Fig. 20

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**